In the name of Allah, the Most Gracious, the Most Merciful









Chapitre 3 : Lentilles

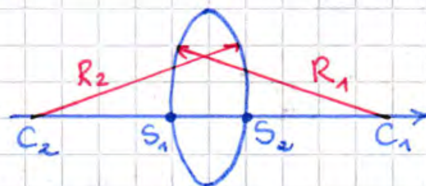
Définition : Milieu transparent limité par 2 surfaces dont au moins une n'est pas plane.

Introduction et généralités :

Une lentille est une association de dioptres sphériques que l'on peut définir autrement (définition précédente).

Concept de lentilles minces :

Une lentille est dite mince si l'épaisseur $[S_1S_2]$ est négligeable devant les rayons R_1 et R_2, En toute rigueur, négligeable devant $|R_1 - R_2|$.



Formes principales de lentilles :

(Voir TD).

Défauts d'une lentille - conditions de Gauss :

Compte-tenu des défauts d'une lentille (aberration de sphéricité, de distortion et chromatique), il est nécessaire de tenir compte des conditions de Gauss :

- Les rayons lumineux font un angle petit avec l'axe optique de la lentille.
- Les rayons lumineux rencontrent la lentille au voisinage de sa région centrale.

Caractérisations - Propriétés des lentilles :

(Les 6 premières, voir le TD).

7. Un faisceau de rayons parallèles inclinés sur l'axe donne un faisceau de rayons dont les supports convergent vers un foyer secondaire image obtenu par l'intersection du plan

focal image et de l'axe secondaire auquel est parallèle le faisceau incident.

Propriétés fondamentales:

8. Un faisceau de rayons incidents dont les supports se croisent en un foyer secondaire objet donne un faisceau émergeant de rayons parallèles à l'axe secondaire obtenu en joignant le foyer secondaire au centre optique de la lentille.

Relation de conjugaison:

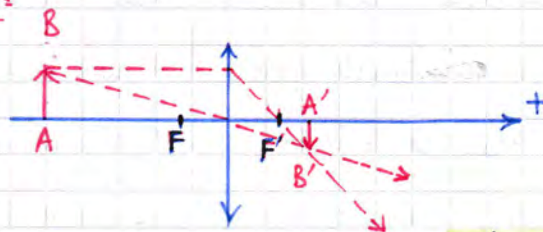
Soit l'objet A et son image A' produite par la lentille L de centre optique O et de distance focale $\overline{OF'}$, la relation de conjugaison s'écrit:

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'}}$$

Cette équation est générale et ne dépend pas de la nature de la lentille.

La distance focale d'une lentille convergente est positive, celle d'une divergente est négative.

Grandissement:



$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$$

$\gamma < 0$: image renversée par rapport à l'objet

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$$

$\gamma > 0$: image droite par rapport à l'objet

Notion de vergence:

Vergence d'une lentille mince:

La vergence C d'une lentille est l'inverse de sa distance focale.

$$C = \frac{1}{\overline{OF'}} \quad [\delta] \text{ (unité : dioptrie)}$$

- La lentille est convergence : $C > 0$.
- La lentille est divergente : $C < 0$.

Autre définition de la vergence :

La vergence d'une lentille mince, notée C, s'écrit également en fonction des caractéristiques matérielles (indices de réfraction) et géométriques (rayons de courbure).

$$C = \frac{1}{\overline{OF'}} = \frac{n_2 - n_1}{n_1}\left(\frac{1}{\overline{OC_1}} - \frac{1}{\overline{OC_2}}\right).$$

Vergence d'une association de lentilles :

Soient les lentilles L_i minces de centres optiques O_i de vergences C_i, la lentille équivalente L de vergence C résultant de l'association des lentilles L_i accolées s'écrit dans le cas où la lentille L reste mince :

$$C = \sum_i C_i$$

Dans le cas où la lentille L n'est plus une lentille mince, mais épaisse, cette équation n'est plus valable. Pour exemple :

Soient la lentille L_1 de vergence C_1 et la lentille L_2 de vergence C_2. L'association de ces 2 lentilles accolées donnera une lentille L d'épaisseur e et de vergence C. C s'écrira alors :

$$C = C_1 + C_2 - e\,C_1 C_2.$$

Chapitre 4 : l'oeil :

Introduction : anatomie et physiologie :

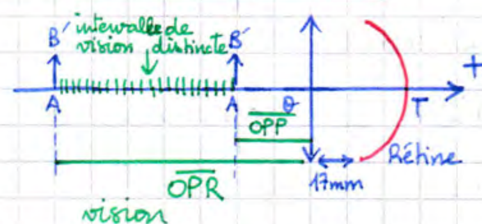
L'oeil est un organe de volume sphérique d'environ $6{,}5 cm^3$, les milieux franchis par la lumière sont d'abord : la cornée l'humeur aqueuse, le cristallin, l'humeur vitrée pour atteindre la rétine.

Du point de vue de sa physiologie, il peut être assimilé à un appareil photographique qui d'un objet pourra produire une image sur l'écran rétinien.

Mais pas seulement, car il se caractérise par un phénomène d'accomodation guidé par les muscles cilliaires qui vont permettre, en modifiant la focale du cristallin, à ce que l'image soit toujours sur l'écran rétinien.

Représentation biophysique de l'oeil : (voir TD).

Phénomène d'accomodation :



Intervalle de vision distincte :

Notion de Punctum Proximum (PP) :

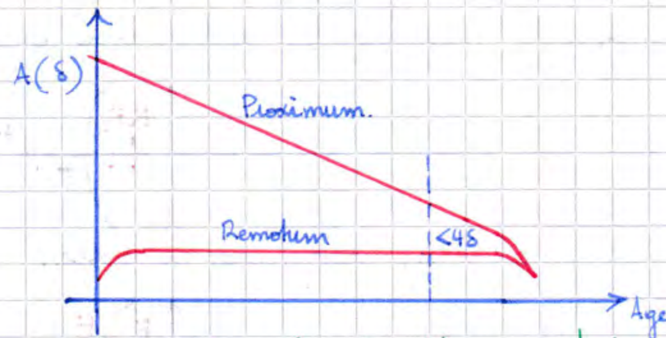
Accomodation maximale : $P = \frac{1}{\overline{OPP}}$

Notion de Punctum Remotum (PR) :

Sans accomodation : $R = \frac{1}{\overline{OPR}}$

Amplitude d'accomodation A:

L'amplitude maximale d'accomodation A est définie comme la différence entre la proximité du Remotum et la proximité du Proximum. $A = R - P$.



- Variation de l'amplitude d'accomodation A en fonction de l'âge -

Emmétropie et amétropie:

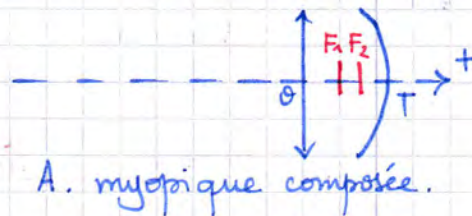
Emmétropie: l'oeil emmétrope a un PR situé à ∞, on dira qu'il voit à ∞ sans accomoder.
Par convention, on supposera le PP de l'oeil emmétrope situé 25cm en avant de l'oeil.

Myopie: le PR est ici situé à une distance finie en avant de l'oeil (la vision d'objets situés à ∞ est floue).
Le PP du myope est plus proche du centre optique de l'oeil que le PP de l'emmétrope.

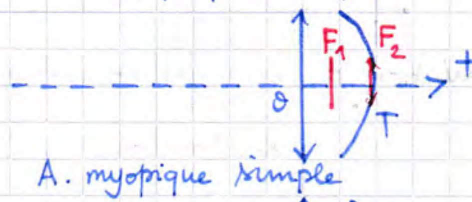
Hyperopie / hypermétropie: le PR de l'hyperope est situé en arrière de l'oeil, il est virtuel.
En général, le PP de l'hyperope est situé en avant de l'oeil (ce n'est pas toujours le cas).

Astigmatie:

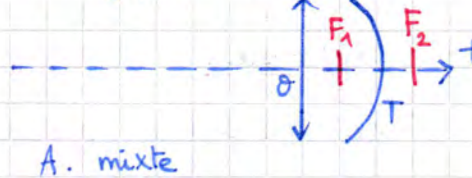
L'astigmatie traduit une sphéricité imparfaite de la cornée à la différence de l'astigmatie irrégulière, l'astigmatie régulière caractérisée par des courbures différentes selon ses différents méridiens se décline en 5 types d'astigmatisme



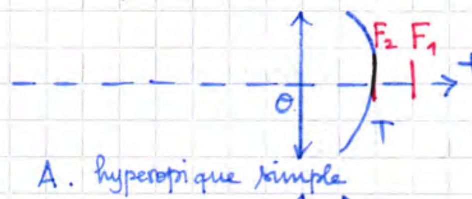
A. myopique composée.



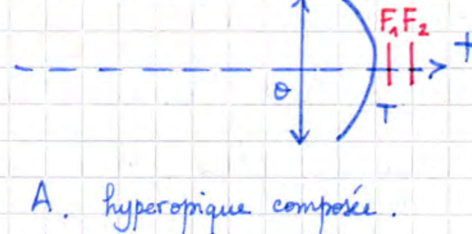
A. myopique simple



A. mixte



A. hyperopique simple



A. hyperopique composée.

Presbytie:

La presbytie qui est une perte progressive d'accomodation n'est pas une amétropie de la réfraction au sens des amétropies précédemment citées, on parlera de presbytie quand l'amplitude d'accomodation < 3 ou 4 dioptries.

Par convention, on dira qu'on est presbyte lorsque: « on ne peux plus lire le journal ».

Il y a ici une indépendance du caractère emétrope ou amétrope de l'oeil.

Correction des anomalies de la réfraction:

Au delà des conditions de vision nette, au sens physiologique, la correction des troubles de la réfraction nécessite l'utilisation de verres de lunettes ou de prothèses optiques (lentilles de contact).

Correction des troubles de la myopie:

Pour corriger cette anomalie de la réfraction, il est nécessaire d'utiliser des verres divergents (de vergeance négative).
L'objective est de permettre la vision à l'infini sans accomoder

Correction de l'hyperopie:

Il s'agit là d'un déficit de puissance optique au repos.
En conséquence, pour corriger cette anomalie de la réfraction, il est nécessaire d'utiliser des verres convergents (de vergence positive), l'objectif étant toujours le même, celui de permettre la vision à l'infini sans accomoder.

Correction de l'astigmatie régulière:

L'objectif est ici d'amener les 2 focales sur l'écran rétinien
C'est pourquoi après une mesure d'astigmatisme, du degrés on fait porter à l'ind. astigmate des verres correcteurs de type sphéro-cylindriques ou toriques.

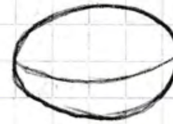
Presbytie:

Corriger ses troubles revient à utiliser des verres convergents avec pour objectifs de permettre la vision proche.
Dans le cas d'un ind. amétrope, il sera courant d'utiliser

des verres bifocaux pour permettre simultanément la vision proche comme la vision éloignée.



Presbytie uniquement



Presbytie + amétropie.

Les prothèses optiques : les lentilles de contact :

Caractéristique essentielle : solidaires du globe oculaire.

Inconvenients	Avantages
- Maintien de la prothèse.	- Accomodation apparente = réele.
- Respiration nécessaire de la cornée.	- Taille des images plus proche de la normale.
- Adaptation à l'oeil délicate	- Champ visuel et du regard plus proche de la normalle.

Chapitre 5 : Optique instrumentale : Loupe et Microscope

Loupe :

Principe de fonctionnement :

Une loupe est une lentille convergente, l'objet réel étant placé entre son foyer objet et le centre de la lentille, et cette lentille en donnera une image virtuelle droite et agrandie.

Grossissement (G) :

C'est le rapport $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$, ($\alpha$) caractérisant une vision (observation) de l'objet (AB) supposé au PP sans l'utilisation de la lentille.

Le grossissement dépend donc de la lentille, de la position relative de l'observateur (le PP sera différent selon l'emmétropie ou l'amétropie de l'observateur (d_0)).

La distance de visée (δ) qui exprime la position de l'image produite par la loupe vis-à-vis de l'œil.

Sous conditions de Gauss, il est possible d'écrire le grossissement en fonction du grandissement (γ) :

$$G = \gamma \cdot \frac{d_0}{\delta}$$

Puissance (P) :

Elle est définie comme le rapport : $P = \frac{\alpha'}{AB}$

En ce sens, elle dépend aucunement de la nature de l'oeil de l'observateur, à la différence du grossissement (G) qui caractérise l'oeil de manière extrinsèque, puisqu'il dépend de la loupe mais également de la nature emmétrope ou amétrope de l'oeil de l'observateur.

Relation entre (G) et (P) :

$$G = P \cdot d_0$$

Puissance et Grossissement : Cas particuliers:

Autre expression de la puissance (P) :

$$P = \frac{1}{OF'} \left(1 - \frac{\alpha}{\delta}\right).$$

Lorsque l'image est située à l'infini, ou lorsque l'oeil de l'observateur est situé sur le point focal image de la loupe ($a = 0$), la puissance (P) de la loupe est maximale, on parlera de puissance intrinsèque (P_i).

$$P_i = \frac{1}{OF'}$$

De la même manière, on pourra également exprimer le grossissement intrinsèque ou nominal (G_i).

$$G_i = \frac{d_0}{OF'} = P_i \cdot d_0$$

Le grossissement (G_c) commercial est défini comme:

$$G_c = 0,25 \cdot \frac{1}{OF'} = \frac{C}{4}$$

(G_c est défini pour un PP situé à 25 cm en avant de l'oeil)

Latitude de mise au point (L) :

C'est l'intervalle entre la position (1) de l'objet (AB) qui conduit à l'image $A'_1B'_1$ située au PR de l'oeil, et la position (2) de l'objet (AB) qui conduit à l'image $(A'_2B'_2)$ située au PP de l'oeil.

Microscope :

Lorsque l'usage de la loupe devient impossible pour l'observation de petits détails, l'utilisation des microscopes offrant des puissances optiques bien supérieures devient nécessaire.

Principe de fonctionnement :

Un microscope se réduit à 2 lentilles convergentes (L_1) et (L_2). L'objectif (L_1) donne de l'objet (AB) une image (A_1B_1) renversée plus grande, et l'oculaire (L_2) donne de (A_1B_1) une image toujours renversée encore plus grande (A_2B_2).

Puissance et Grossissement :

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha}$$

$$P = \frac{\alpha'}{AB}$$

Autre expression de la puissance :

$$P = \gamma_{objectif} \cdot P_{oculaire}$$

Cas particuliers :

Il est possible d'exprimer une équivalence au microscope par l'existence d'une lentille (L) de centre optique (O) et de distance focale (OF') qui, de l'objectif (AB) produira l'image finale (A'B').

Dans ce cadre, il est possible d'évoquer la puissance intrinsèque ou nominale (P_i) qui s'écrira : $P_i = \frac{1}{OF'}$

De la même manière, on définira le grossissement nominal :

$$G_i = \frac{d_0}{OF'} = P_i . d_0$$

De la même manière, on défini le grossissement commercial pour un PP situé à 25 cm en avant de l'oeil.

$$G_c = \frac{0,25}{OF'} = \frac{C}{4}$$

Autre écriture de (P_i) :

Tenant compte des 2 lentilles (objectif et occulaire).

$$P_i = \frac{\Delta}{\overline{O_1F_1'} \times \overline{O_2F_2'}} = \frac{\Delta}{f_1 \times f_2}$$

Latitude de mise au point et pouvoir séparateur :

Latitude de mise au point (L) :

C'est l'intervalle entre la position (1) de l'objet (AB) qui conduit à l'image $(A_1'B_1')$ située au PR de l'oeil, et la position (2) de l'objet (AB) qui conduit à l'image $(A_2'B_2')$ située au PP de l'oeil.

Pouvoir séparateur (ε) :

$$\varepsilon = \frac{1,22.\lambda}{2.n.\sin\theta}$$

Avec : λ : longueur d'onde.
n : indice de réfraction du milieu.
θ : angle d'ouverture.

C'est la distance linéaire minimale de 2 points (A) et (B) du plan objet dont l'instrument en donne 2 images distinctes.